



Scenarios et défis
pour nourrir le monde en 2050

bruno.dorin@cirad.fr

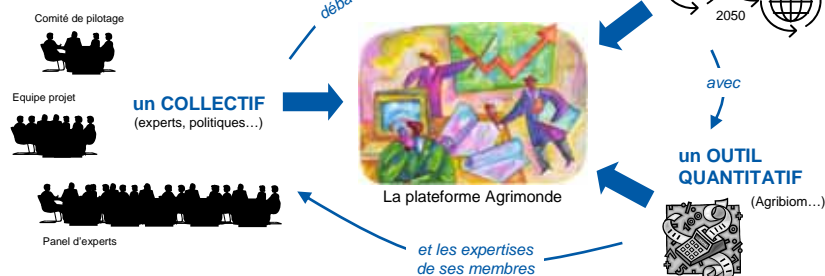
Séminaire MEEDDAT PAC-2013, Paris, 02 Juillet 2009

La prospective Agrimonde (introduction)

- **Un projet conjoint INRA-CIRAD** (2006-2008 = 1^{ère} phase)
 - Institut National de la Recherche Agronomique (www.inra.fr)
 - Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (www.cirad.fr)
 - sous le GIP **IFRAI** (Initiative Française pour la Recherche Agricole Internationale)

- **Objectifs**
 - (1) explorer des futurs possibles d'agricultures et d'alimentations à l'horizon 2050
 - (2) identifier des grands enjeux pour la recherche agronomique française
 - (3) contribuer à des débats internationaux sur l'agriculture, l'alimentation, l'environnement

- **Une plateforme à trois composantes**



2

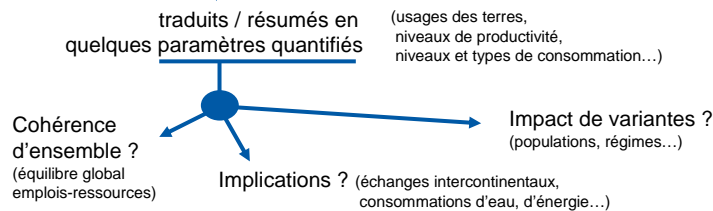
Objectifs et architecture d'Agribiom

Un module quantitatif pour
la rétro-prospective collective
et la modélisation hybride
des productions, échanges et usages globaux de biomasses

1 L' ambition

Disposer d'un outil quantitatif pour :

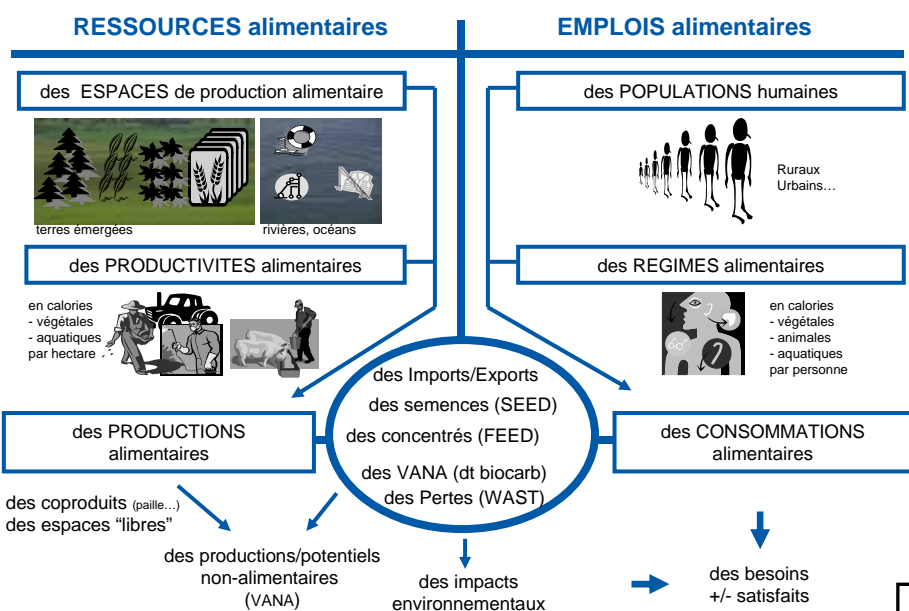
- (1) revisiter le passé,
mieux le comprendre (nouvelles estimations,
nouveaux modèles...)
- (2) débattre l'avenir
...à partir de scénarios qualitatifs (conjectures propres ou extérieures)



3

2 Le moteur comptable

Des équilibres physiques R/E de biomasses alimentaires
reconstitués (1961-2003) et/ou simulés
sur plus de 97% des surfaces terrestres (149 «pays»)



4

3 Les rubriques comptables

- 5 « compartiments » de biomasses alimentaires (seulement...)



VEGETAUX

Céréales : blé, riz, orge, maïs...
 Saccharifères : canne, betterave...
 Légumineuses : pois, lentilles...
 Oléagineux : soja, arachide, coco...
 Racines : manioc, pdt, igname...
 Fruits & légumes : pomme, oignon...
 Stimulants : cacao, café, alcool...



RUMINANTS

Viandes : bovins, caprins, ovins...
 Lait, Beurre, Graisses animales...



MONOGASTRIQUES

Viandes : volailles, porc...
 Œufs...



EAUX DOUCES (Poissons...)



EAUX MARINES

Perciformes, Pélagiques... Huiles...

- D'autres productions (non-alim...)

Fibres, Tabac, Caoutchouc,
 Fourrages, Bois...

1961-2003 : 120 lignes de produits Faostat1 (Commodity Balances)

4 L'unité de compte

- La CALORIE ALIMENTAIRE

(ou équivalent pour tourteaux, mélasses...)

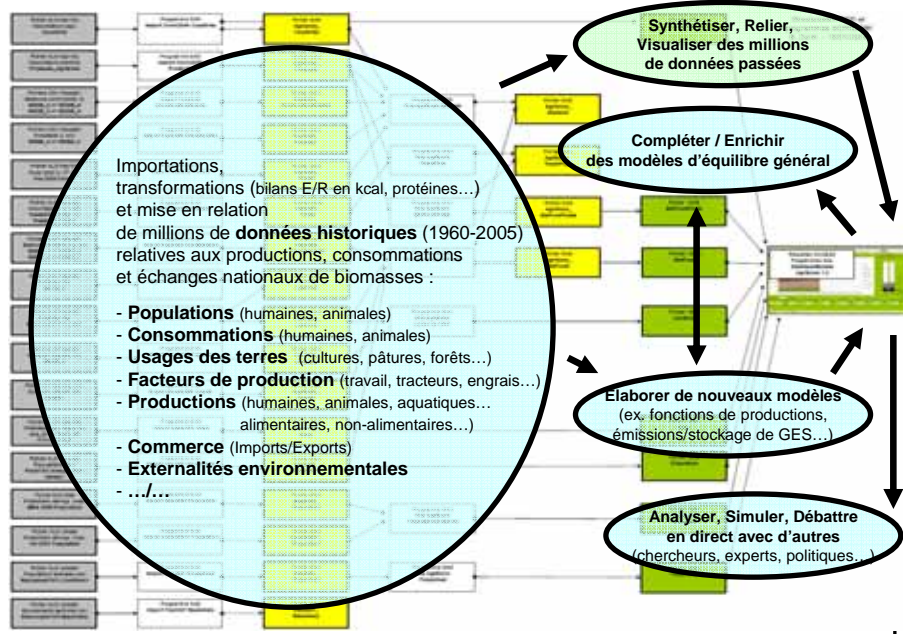
Calories totales = Glucides (4 kcal/g)
 + Protéines (4 kcal/g)
 + Lipides (9 kcal/g)

- Tonnes (ou m³) de MS

dans certains cas :
 - Fibres, caoutchouc...
 - Résidus de cultures...
 - Fourrages...
 - Bois (de chauffage ou industriel)

5

5 La convergence vers une interface interactive



6

6 Une 1^{ère} série de modèles robustes

Des méta-fonctions de productions animales

(B. Dorin + T. Le Cotty)

■ Une modélisation via 2 fonctions interdépendantes

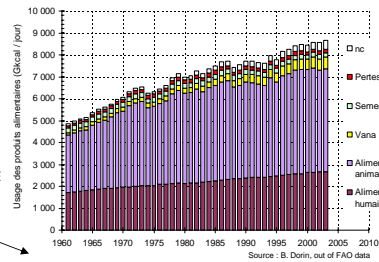
- $Prod_Rumi (Gkcal) = f(x1, x2, x3, \dots, Prod_Mono)$
- $Prod_Mono (Gkcal) = f(x1, x2, x3, \dots, Prod_Rumi)$

■ Des facteurs explicatifs ($x1, x2, x3, \dots$) :

- **Produits alimentaires végétaux** (Gkcal)
- **Produits alimentaires animaux** (Gkcal)
- **Surfaces en pâture** (1 000 ha)
- Population active agricole (1 000 cap)
- Tracteurs (unités)
- .../...

OCDE

SSA
(Afrique subsaharienne)



(en 2003, les animaux OECD en consomment 3 fois plus que la population humaine SSA)

■ Plusieurs modèles disponibles :

- **linéaires** / quadratiques
- CalTot / CalPro (unité pour les inputs de Feed, les outputs...)
- avec/sans «**Dummies**» (région, années...)
- avec/sans «**Trend**» ("progrès technique")
- «**Régionaux**» (régions MEA...) ou «**Typologiques**» (agricoles/industriels, extensifs/intensifs...)
- .../...

■ Résultats :

- très bonne reproduction multi-échelle des 40 dernières années de productions animales
- tests et modélisations "en direct" (changements de modèles, de coefficients, de niveaux de facteurs...)

7

Part II

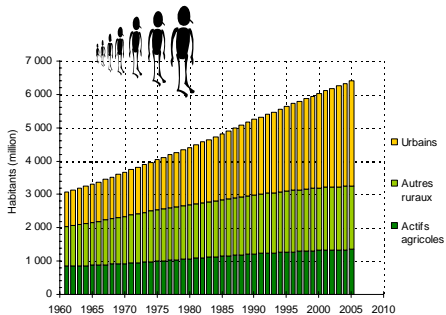
Des tendances passées aux scénarios

Une brève rétrospective de l'économie alimentaire mondiale (1961-2003)

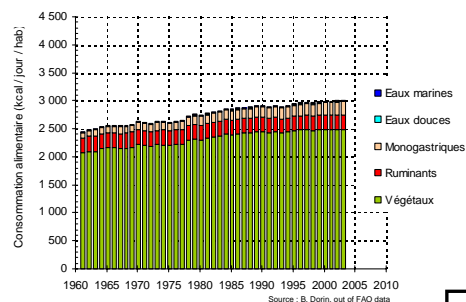
1 La trajectoire mondiale

Côté emplois :

■ La population humaine double



■ La disponibilité alimentaire s'améliore...

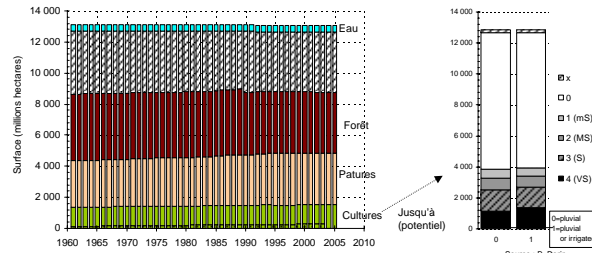


8

Côté ressources :

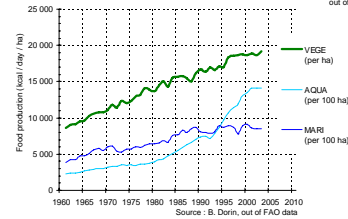
■ La surface agricole ↗

- Pâtures : + 11%
- Cultures : + 13%

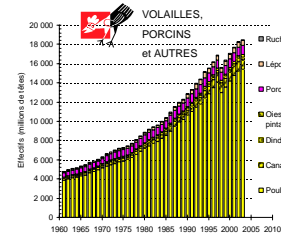
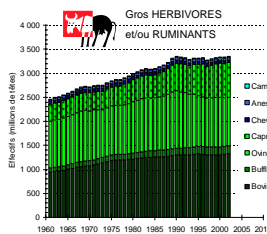


■ Les productivités ↗

- Calories végétales / ha cultivé : + 123%
- Calories végétales / actif agricole : + 53%

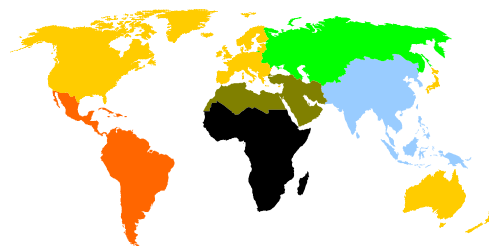


■ Les cheptels ↗



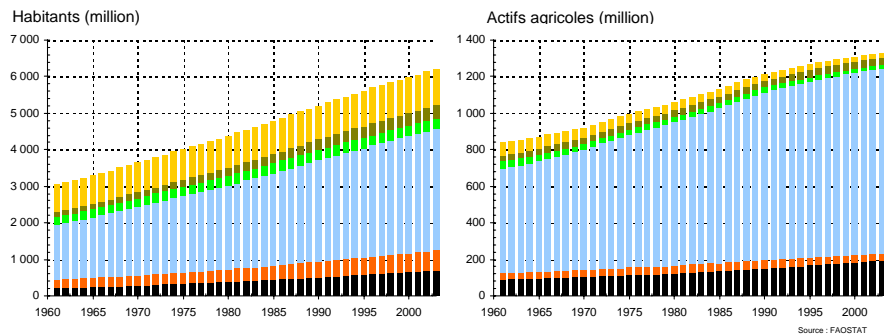
9

② Des trajectoires régionales disparates



- OCDE 1990
- Moyen Orient et Afrique du Nord
- Ex-URSS
- Asie
- Amérique latine
- Afrique Subsaharienne

■ Populations humaines : des actifs agricoles massés en Asie et Afrique



Source : FAOSTAT

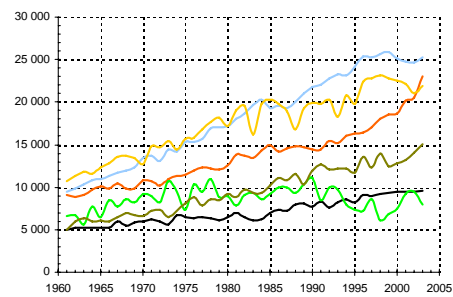
10

■ Une productivité record de la terre en ASIE

Note : 10 000 kcal
 ~ 2,4 kg de soja
 ~ 2,8 kg de riz
 ~ 2,9 kg de pois
 ~ 3,0 kg de blé
 ~ 15,0 kg de pomme de terre
 ~ 58,8 kg de tomate

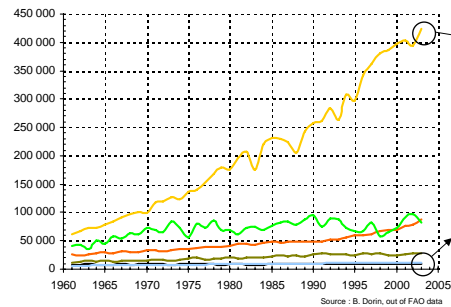
— Afrique Sub-Saharienne
 — Amérique Latine
 — Asie
 — Ex-URSS
 — Moyen Orient et Afrique du Nor
 — OCDE 1990

Kcal vég. / Jour / Ha cultivé

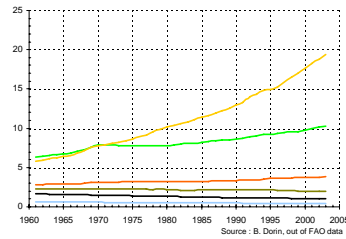


■ Un boom de la productivité du travail en OCDE

Kcal vég. / Jour / Actif agricole



Disponibilité en terre (Ha cultivés / Actif)



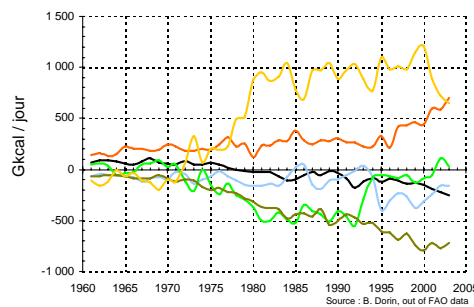
OCDE
 423 800 kcal/actif
 19 ha/actif
 22 M actifs

Monde
 22 000 kcal/actif
 1,15 ha/actif
 1 331 M actifs

ASIE
 11,500 kcal/actif
 0,5 ha/actif
 1 011 M actifs

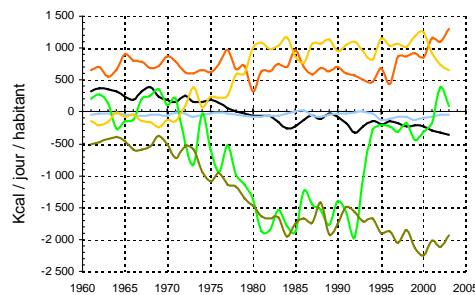
11

■ Une flambée du commerce pour écouler des excédents et combler des déficits



Commerce net de produits alimentaires végétaux (Exports - Imports)

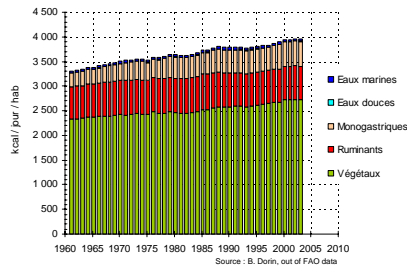
Commerce net de produits alimentaires végétaux par habitant



— Afrique Sub-Saharienne
 — Amérique Latine
 — Asie
 — Ex-URSS
 — Moyen Orient et Afrique du Nor
 — OCDE 1990

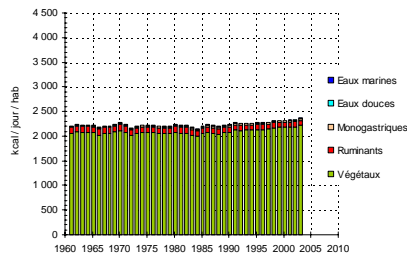
12

Des assiettes (disponibilités) encore très différemment garnies...



OCDE

- protéines animales : 71 g/jour sur 125 (60%)
- lipides animales : 89 g/jour sur 165 (55%)



Afrique Sub-saharienne

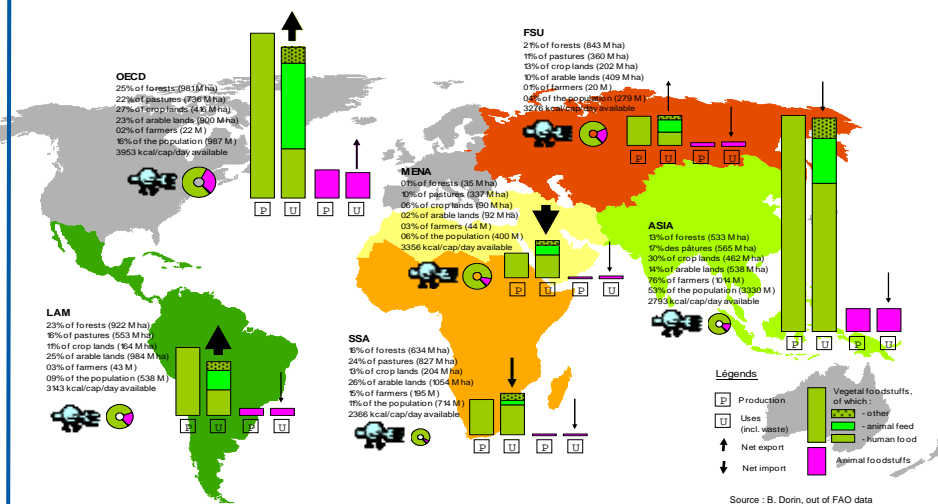
- protéines animales : 12 g/jour sur 60 (20%)
- lipides animaux : 10 g/jour sur 48 (20%)

13

3 Vers quel nouvel «équilibre» en 2050 ?

Ressources, Productions, échanges et usages de biomasses alimentaires (2003)

<http://www.cirad.fr/upload/en/communiqu%C3%A9/Cirad-Inra-Agrimonde-FR.pdf>



Scénarios, hypothèses, débats collectifs... (2050)

Simulations
Agribiom

14

Scenarios et défis pour nourrir le monde en 2050

Deux explorations Agrimonde : les mondes "AGO" et "AG1"

1 Vers quel nouvel «équilibre» en 2050 avec...

- +/- **population** (7-11 milliards d'habitants en 2050) ?
- +/- **revenus, distribution des revenus**, migrations de populations (opportunités locales de revenus décents, d'autosubsistance...) ?
- +/- **changement dans les régimes alimentaires** (végétal/animal, macro/micro nutriments...) ?
- +/- **demande en produits non-alimentaires** (bioénergies, biomatériaux...) ?
- +/- **libéralisation économique et confiance dans le commerce international** ("souveraineté" en céréales / autres produits de base / aliments pour animaux / produits alimentaires animaux...) ?
- +/- **régulations environnementales** (forêts, gaz à effets de serre, biodiversité...) ?
- +/- **chocs graves sur ressorts de productivité** (énergies fossiles, eau, pesticides, phosphates...) ?
- +/- **changement climatique**
- .../...

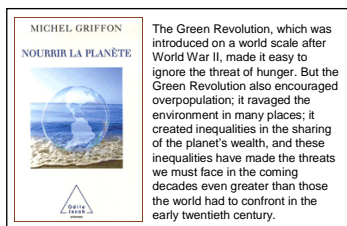
15

2 Les mondes "AGO" et "AG1"

■ Deux scenarios "revisités"

Le scénario *Révolution doublement verte*

Source: Griffon M., 2006. Nourrir la planète. Pour une Révolution doublement verte, Odile Jacob, Paris



The Green Revolution, which was introduced on a world scale after World War II, made it easy to ignore the threat of hunger. But the Green Revolution also encouraged overpopulation; it ravaged the environment in many places; it created inequalities in the sharing of the planet's wealth, and these inequalities have made the threats we must face in the coming decades even greater than those the world had to confront in the early twentieth century.

Plateforme Agrimonde



Le scénario AG1
« Agrimonde 1 »

Le scénario AGO
« Agrimonde GO »

Les scénarios *Millennium Ecosystem Assessment*

Source: MEA, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Scenarios, The Millennium Ecosystem Assessment, Washington DC.

Global Orchestra

A globally connected society that focuses on global trade and economic liberalization and takes a reactive approach to ecosystem problems but that also takes strong steps to reduce poverty and inequality and to invest in public goods such as infrastructure and education. Economic growth in this scenario is the highest of the four scenarios, while it is assumed to have the lowest population in 2050.

Globalisation

Techno-Garden
A globally connected world relying strongly on environmentally sound technology, using highly managed, often engineered, ecosystems to deliver ecosystem services, and taking a proactive approach to the management of ecosystems in an effort to avoid problems. Economic growth is relatively high and accelerates, while population in 2050 is in the midrange of the scenarios.

Réactivité

Order from Strength

A regionalized and fragmented world, concerned with security and protection, emphasizing primarily regional markets, paying little attention to public goods, and taking a reactive approach to ecosystem problems. Economic growth rates are the lowest of the scenarios (particularly low in developing countries) and decrease with time, while population growth is the highest.

Régionalisation

Pro-activité

Adapting Mosaic

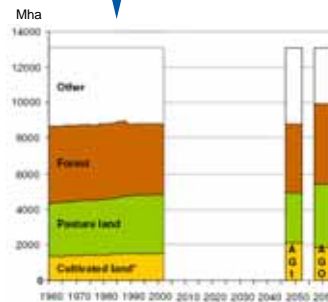
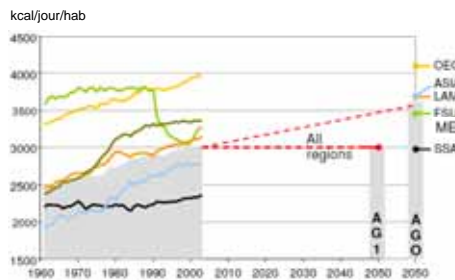
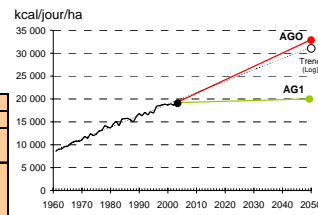
Regional watershed-scale ecosystems are the focus of political and economic activity. Local institutions are strengthened and local ecosystem management strategies are common; societies develop a strongly proactive approach to the management of ecosystems. Economic growth rates are somewhat low initially but increase with time, and population in 2050 is nearly as high as in Order from Strength.

16

■ Principales hypothèses quantitatives

	2003	2050 - AG1	2050 - AGO
Uses			
Population	6.2 Gcap	8.8 (+42%)	8.8 (+42%)
Human food	3,000 kcal/day/cap	3,000	3,590 (+19%)
Other uses	~14,440 Gkcal/day	17% Non-Veg Feed (Agribiom) + seed (3%) + waste (max 4%) + other (max 5%)	23% Non-Veg Feed (Agribiom) + seed (3%) + waste (max 4%) + other (max 5%)
Ressources			
Food yields	~19,190 kcal/day/ha	~20,030 (+4%)	~32,940 (+75%)
Crop land - for N-Food	~1,530 Mha	~2,105 (+38%)	~1,860 (+21%)
Pastures	~3,330 Mha	~2,845 (-14%)	~3,585 (+8%)
Forest	~3,905 Mha	no change	+14% (?)

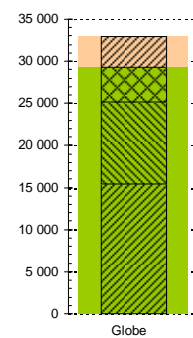
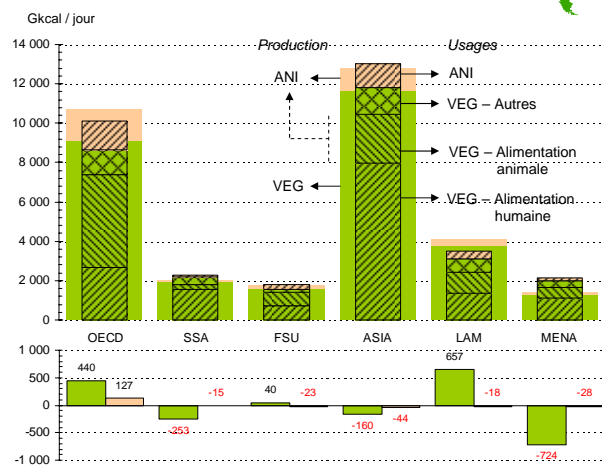
Trade : trade of plant food only (i.e. no trade of animal foodstuffs or by-products)
(hypothesis/variant n°1 written "h01")



17

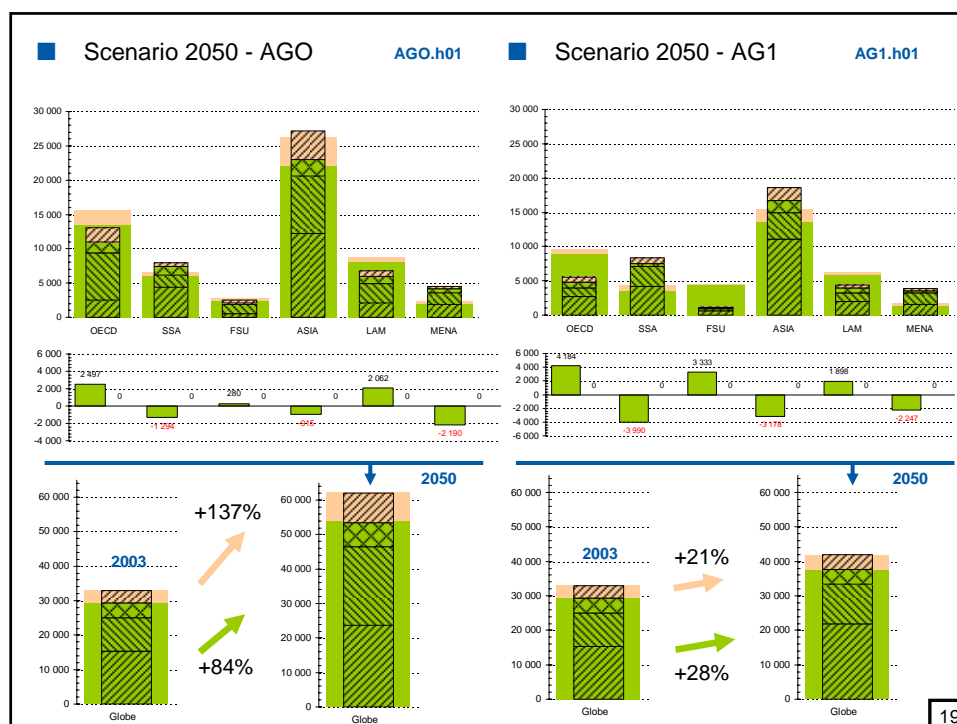
3 Deux hypothétiques nouveaux équilibres pour 2050...

■ Base de référence 2003



Source : B. Dorin, out of FAO data

18



4 Parmi les conclusions...

La planète peut nourrir 9 milliards d'habitants en 2050 mais...

- Le contenu de nos assiettes (calories totales, %Veg/Ani, macro/micro-nutriments...) conditionne avec importance :
 - la préservation de services rendus par les écosystèmes à diverses échelles (carbone, sol, eau, pollinisation...) et l'usage plus raisonné d'intrants agricoles (eau, engrais, pesticides, énergie fossile...)
 - la réduction d'importants problèmes de santé (de la sous-nutrition à l'obésité)
 - les opportunités de productions agricoles non-alimentaires (bioénergies, biomatériaux...) et de réduction des actuels gaspillages d'aliments
 - le maintien/développement d'une diversité de systèmes productifs, de paysages, de cadres de vie...
- Le commerce international assurera la sécurité alimentaire de certaines régions du monde et évitera d'importantes migrations de populations si les zones en déficit net d'aliments peuvent :
 - financer leurs importations alimentaires (opportunités locales de revenus ?)
 - se reposer sur un système international de régulation soucieux de leurs intérêts ...et soucieux de favoriser l'augmentation de revenu des agriculteurs pauvres

20

- Préserver ou augmenter les rendements agricoles appelle des révolutions :

- Besoin de techniques moins polluantes et dangereuses (pour homme, flore, faune...) sur la base:
 - d'un bien meilleur usage des services rendus par les écosystèmes
 - de nouvelles technologies (STI, génétique...)
 - d'une mobilisation constante de divers savoirs (scientifiques, locaux...)
- L'« intensification écologique » peut émerger comme solution
 - de production soutenable de biomasses
 - d'amélioration de la sécurité alimentaire des paysans les plus pauvres mais doit en grande partie être inventée, en donc s'émanciper du modèle technique et organisationnel d'intensification agricole promu depuis un demi siècle
- Le dilemme surface/rendement peut être une opportunité de repenser les frontières posées entre villes, campagnes, espaces naturels... :
 - agriculture urbaine & périurbaines ?
 - agro-foresterie ? agro-écologie ?
 - gestion des zones humides (...et pas uniquement leur drainage) ?
 - complémentarité entre espaces (...et pas uniquement production/jachère) ?
 - .../...

Dilemme production/conservation



21

A suivre...

- Besoin d'impliquer divers acteurs et disciplines dans les questions et débats sur l'agriculture, la sécurité alimentaire, la sécurité sanitaire, la qualité de l'alimentation, etc.
- Besoin de construire et débattre d'autres scénarios d'agricultures et d'alimentations, ...à diverses échelles géographiques
- Besoin de mieux évaluer/modéliser
 - les consommations d'eau et d'énergies fossiles
 - l'émission/stockage de GHG (C, CO₂, CH₄, N₂O...)
 - les emplois et revenus régionaux / les migrations
 - .../...

22

Merci

